



TUGAS AKHIR - SS141501

PENGENDALIAN KUALITAS MULTIVARIAT PADA PRODUKSI ROKOK "W" DI PT. I

ZUYYIN INESA PRATIWI
NRP 062116 4500 0027

Dosen Pembimbing
Diaz Fitra Aksioma, M.Si

PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018



TUGAS AKHIR - SS141501

PENGENDALIAN KUALITAS MULTIVARIAT PADA PRODUKSI ROKOK "W" DI PT. I

ZUYYIN INESA PRATIWI
NRP 062116 4500 0027

Dosen Pembimbing
Diaz Fitra Aksioma, M.Si.

**PROGRAM STUDI SARJANA
DEPARTEMEN STATISTIKA
FAKULTAS MATEMATIKA, KOMPUTASI, DAN SAINS DATA
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**



FINAL PROJECT - SS141501

MULTIVARIATE QUALITY CONTROL OF “W” CIGARETTE PRODUCTION PROSESS AT I COMPANY

ZUYYIN INESA PRATIWI
NRP 062116 4500 0027

Supervisor
Diaz Fitra Aksioma, M.Si.

**UNDERGRADUATE PROGRAMME
DEPARTMENT OF STATISTICS
FACULTY OF MATHEMATICS, COMPUTING, AND DATA SCIENCE
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2018**

LEMBAR PENGESAHAN
PENGENDALIAN KUALITAS
MULTIVARIAT PADA PRODUKSI
ROKOK “W” DI PT. I

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Sains
pada
Program Studi Sarjana Departemen Statistika
Fakultas Matematika, Komputasi, dan Sains Data
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh :

Zuyyin Inesa Pratiwi
NRP. 062116 4500 0027

Disetujui oleh Pembimbing:

Diaz Fitra Aksioma, M.Si

NIP. 19870602 201212 2 002

()

Mengetahui,
Kepala Departemen


Dr. Suhartono
NIP. 19710929199512 1 001

SURABAYA, JULI 2018

Pengendalian Kualitas Multivariat Pada Produksi Rokok “W” di PT. I

Nama : Zuyyin Inesa Pratiwi
NRP : 062116 4500 0027
Departemen : Statistika
Pembimbing : Diaz Fitra Aksioma, M.Si

ABSTRAK

Kualitas produk merupakan kunci untuk dapat bersaing dalam dunia industri. Penerapan pengendalian kualitas dengan ilmu statistika dalam peningkatan kualitas merupakan hal yang disarankan menurut metodologi six sigma. Diagram kendali merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui variabilitas dan rata-rata proses produksi suatu produk. Penelitian ini mengambil permasalahan pengendalian kualitas produksi rokok “W” di PT. I yang diproduksi secara manual. Karakteristik kualitas yang digunakan berat rokok dan pressure drop yang saling berhubungan sehingga analisis yang akan digunakan adalah diagram kendali M dan T^2 Hotelling untuk mengetahui kebaikan proses produksi rokok W. Hasil dari analisis diagram kendali M dan T^2 Hotelling variabilitas dan rata-rata proses terkendali secara statistik. Kapabilitas proses menunjukkan bahwa presisi proses telah baik tetapi target (akurasi) belum terpenuhi. diakibat oleh berat bahan baku yang berkurang. Selain dari bahan baku, penyebab lain yaitu usia, kondisi ruang kerja yang tidak kondusif, alat tidak diganti berkala, dan metode inspeksi sederhana.

Kata kunci :, Diagram Ishikawa, Diagram Kendali M , Diagram Kendali T^2 Hotelling, Rokok W

Halaman ini sengaja dikosongkan

Multivariate Quality Control of “W” Cigarette Production Process at I Company

Name : Zuyyin Inesa Pratiwi
NRP : 06211645000027
Department : Statistics
Academic Supervisor : Diaz Fitra Aksioma, M.Si

ABSTRACT

Product quality is the key to compete in the industry world. The application of quality control by statistics in quality improvement is suggested according to the Six Sigma methodology. Control chart is a method used to determine the variability and the average production process of a product. This study took the issue of quality control of “W” cigarette production which is produced manually in I company. The quality characteristics used are cigarette weight and pressure drop that are correlated so that the analysis used is the control chart of Moving Range and Individual, \bar{M} and T^2 Hotelling control chart. Moreover, it aims to know the goodness of W cigarette production process. The results of the analysis of the control chart \bar{M} and T^2 Hotelling variability and the average process that are controlled statistically, process capability shows that the precision of the process has been good already but the target (accuracy) has not been met due to the reduced raw material weight. Apart from the raw materials, the other causes are age, the workspace that is not conducive, the tools which are not replaced periodically, and the method of simple inspection.

Keywords : Ishikawa Charts Method, \bar{M} Control Charts Method, T^2 Hotelling Control Charts Method, W Cigarette

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat, taufiq, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “***Pengendalian Kualitas Produksi Multivariat pada produksi Rokok “W” di PT.I***”. Penyusunan Tugas Akhir ini dapat terselesaikan dengan baik dan lancar karena tidak lepas dari dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Diaz Fitra Aksioma, M.Si selaku dosen pembimbing yang telah membimbing, mengarahkan, dan memberikan dukungan bagi penulis untuk dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Dr. Suhartono selaku Ketua Jurusan Statistika ITS dan dosen wali yang telah memberikan nasehat, motivasi, serta bimbingan kepada penulis selama penulis menempuh pendidikan.dan menyediakan fasilitas untuk menyelesaikan Tugas Akhir
3. Bapak Dr. Sutikno, S.Si, M.Si selaku Ketua Program Studi Sarjana dan Ibu Dr. Dra. Kartika, M.Si selaku Sekretaris Program Studi Sarjana yang telah membimbing dan memotivasi penulis selama menjadi mahasiswa.
4. Bapak Dr. Drs. Agus Suharsono, MS. dan Bapak Drs. Haryono, MSIE., selaku dosen penguji yang telah memberikan saran-saran untuk kesempurnaan Tugas Akhir ini.
5. Seluruh dosen Jurusan Statistika ITS yang telah memberikan ilmu selama penulis menempuh pendidikan, beserta seluruh karyawan Jurusan Statistika ITS yang telah membantu kelancaran dan kemudahan dalam pelaksanaan kegiatan perkuliahan.
6. Kepala Departemen *Research and Development* selaku pembimbing lapangan yang telah memberikan kesempatan dan bimbingan selama pengambilan data Tugas Akhir dan seluruh karyawan dan PT. I.

7. Ayah, Ibu, Mbak, Mas, Adek dan semua keluarga di Tulungagung atas doa, kasih sayang, dukungan, semangat dan segalanya yang telah diberikan untuk penulis sehingga dilancarkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
8. Bakti Ponco Saputro yang telah membantu ketika penulis memiliki masalah akademik maupun non akademik dengan memberikan semangat, perhatian dan waktu selama menjalani hari-hari di masa perkuliahan.
9. Winneke Mareta Ardela dan Putri Ayu Sekar Karimah yang telah membantu ketika penulis memiliki masalah akademik maupun non akademik selama menjalani hari-hari di masa perkuliahan.
10. Teman-teman yang tergabung dalam Laboraturium Statistika Bisnis dan Industri yang bersedia berbagi ilmu dan berdiskusi mengenai tugas akhir ini.
11. *Squad Ranger* atau keluarga yang baru saja dipertemukan, Inung, Ucup, Lely, Ade, dan Amin yang selalu memberi dukungan, semangat dan hiburan saat bertukar cerita baik susah maupun duka selama kuliah.
12. Para warga Semut Pagar Inung, Kristin, Maya dan Lely serta Soji yang telah memberikan semangat, selalu membantu dan menemani dikala susah maupun senang selama kuliah maupun di kosan.
13. Genk LOL's Kombong mbak Linda, mbak Rana, mas Nopan, Inung, Ajeng, Yongky, Ijah, Rima, Raras, Camelia yang telah memberikan semangat, kegembiraan suka cita yang begitu besar sehingga saya selalu merasa berarti.
14. *Genk Galaksi* yang terdiri dari Gea, Nisya, Riska, Widy dan Atit yang telah memberikan doa, dukungan, dan semangat yang telah diberikan untuk penulis sebelum kuliah hingga sekarang sehingga dilancarkan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
15. Tim Basket ITS dan Statistika ITS (ABASTA) yang terdiri dari *Coach* Hilla, Kak Ani, Kak Muti, Kak Petty, Kak Ocha, Kak Meriska, Kak Fika, Putri, Uni, Ajeng, Erlin, Onad,

Anggi, Muthia, Aul, Cinto, Fitria, Mas Adit, Mas Imam, Mas Mondis, Mas Ubed, Mas Tian dan yang lainnya yang telah memberikan pengalaman dan pembelajaran non akademik serta kenangan terindah bisa berjuang habis-habisan dengan kalian hingga juara.

16. Kakak tingkat dari Jurusan Statistika ITS telah membantu ketika penulis membutuhkan pencerahan dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, serta adik tingkat yang telah memberikan semangat dalam menyusun Tugas Akhir ini.
17. Teman-teman S-1 LJ Jurusan Statistika ITS Angkatan 2016 yang telah bekerja sama dengan baik selama penulis menempuh pendidikan, serta memberikan pengalaman dan kenangan yang berharga bagi penulis.
18. Keluarga Legendary Σ24 yang telah menjadi keluarga semenjak penulis menempuh pendidikan di Jurusan Statistika ITS.
19. Semua pihak yang telah memberikan dukungan yang tidak dapat disebutkan satu persatu oleh penulis.

Penulis menyadari bahwa laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun agar berguna untuk perbaikan berikutnya.

Semoga laporan Tugas Akhir ini bermanfaat.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
TITLE PAGE	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	xii
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan	4
1.4 Manfaat	4
1.5 Batasan Masalah	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Uji Dependensi	7
2.2 Uji Distribusi Normal Multivariat	7
2.3 Diagram Kendali	8
2.3.1 Diagram Kendali Individual dan <i>Moving Range</i>	8
2.3.2 Diagram Kontrol M	10
2.3.3 Diagram Kontrol T^2 Hotelling Individu	11
2.4 Kapabilitas Proses	12
2.5 Diagram <i>Ishikawa</i>	13
2.6 Profil PT. I	14
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Sumber Data dan Pengambilan Sampel	17

3.2 Variabel Penelitian	17
3.3 Struktur Data	18
3.4 Langkah Analisis	18

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakteristik Data.....	21
4.2 Pengujian Dependensi Variabel	22
4.3 Pengujian Distribusi Normal Multivariat	22
4.4 Diagram Kendali Univariat	23
4.4.1 Evaluasi Variabilitas Proses dengan Diagram Kendali <i>Moving Range</i>	24
4.4.2 Evaluasi Rata-rata Proses dengan Diagram Kendali Individual.....	26
4.5 Diagram Kendali M.....	27
4.6 Diagram Kontrol T^2 Hotelling.....	28
4.7 Diagram <i>Ishikawa</i>	29
4.8 Analisis Kapabilitas Proses	30

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan.....	33
5.2 Saran.....	34

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Diagram <i>Ishikawa</i>	14
Gambar 2.2 Peta Proses Produksi Rokok “W”	16
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	19
Gambar 4.1 Diagram Kendali I-MR Variabel Berat Rokok	23
Gambar 4.2 Diagram Kendali I-MR Variabel <i>Pressure Drop</i> ..	24
Gambar 4.3 Diagram Kendali <i>Moving Range</i> Variabel Berat Rokok Setelah Perbaikan	25
Gambar 4.4 Diagram Kendali <i>Moving Range</i> Variabel <i>Pressure</i> <i>Drop</i> Setelah Perbaikan	25
Gambar 4.5 Diagram Kendali Individual Variabel Berat Rokok Setelah Perbaikan.....	26
Gambar 4.6 Diagram Kendali Individual Variabel <i>Pressure Drop</i> Setelah Perbaikan.....	27
Gambar 4.7 Diagram Kendali M Hasil Produksi Rokok W.....	27
Gambar 4.8 Diagram Kontrol T ² Hotelling Individu Hasil Pro- duksi Rokok W	28
Gambar 4.9 Diagram <i>Ishikawa</i>	29

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Variabel Penelitian	18
Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian	18
Tabel 4.1 Karakteristik Data Kualitas Rokok W	21
Tabel 4.2 Indeks Kapabilitas Proses Produksi Rokok W	30

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 <i>Output</i> MINITAB Statistika Deskriptif	37
Lampiran 2 <i>Output SPSS Bartlett's Test of Sphericity</i>	37
Lampiran 3 <i>Syntax</i> Pengujian Distribusi Normal Multivariat ..	37
Lampiran 4 <i>Unbiasing Constants</i>	38
Lampiran 5 <i>Syntax</i> Perhitungan Statistik Diagram Kontrol M dengan <i>Matlab</i>	39
Lampiran 6 <i>Syntax</i> Perhitungan Statistik Diagram Kontrol T^2 Hotelling dengan <i>Matlab</i>	41
Lampiran 7 Perbaikan Diagram Kendali <i>Moving Range</i> variabel berat rokok	43
Lampiran 8 Perbaikan Diagram Kendali <i>Moving Range</i> variabel <i>Pressure Drop</i>	44
Lampiran 9 Perbaikan Diagram Kendali Individual variabel be- rat rokok	44
Lampiran 10 Perbaikan Diagram Kendali Individual variabel <i>Pressure Drop</i>	45
Lampiran 11 <i>Output</i> MINITAB Kapabilitas Proses Univariat .	46

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan perusahaan rokok di Indonesia sangat pesat, dimana pendapatan negara dari sektor industri rokok sangat besar. Terdapat pungutan negara dari Cukai, Pajak Pertambahan Nilai (PPN), Pajak Penghasilan (PPh), dan Pajak Daerah Restribusi Daerah (PDRD). Selain pungutan tersebut masih ada hasil dari ekspor dan bea masuk yang juga cukup besar. Keistimewaan industri rokok selain dari sudut pandang pendapatan negara adalah penyerapan tenaga kerja yang besar. Menurut Kementrian Pertanian pada tahun 2017 menunjukkan jumlah tenaga kerja yang bekerja sebagai tenaga kerja untuk industri rokok sudah hampir 3 juta kepala rumah tangga. Selain jumlah tenaga kerja untuk industri rokok juga terdapat pekerja *advertising* dan medianya. Dari berbagai sudut pandang inilah alasan mengapa industri rokok masih tetap jaya. Dicatat ada beberapa perusahaan besar yang memproduksi rokok. Salah satu perusahaan rokok adalah PT. I.

PT. I merupakan perusahaan rokok yang memproduksi 2 macam rokok kretek yaitu, Sigaret Kretek Tangan (SKT) dan Sigaret Kretek Mesin (SKM). Pada masing-masing macam rokok tersebut memiliki produk yang paling diminati konsumen. Salah satu produk yang banyak diminati oleh konsumen dari SKT adalah rokok W. Semakin banyaknya permintaan pasar mengenai produk W, maka diharapkan PT. I memproduksi lebih banyak produk yang sesuai spesifikasi. Sehingga PT. I perlu untuk terus meningkatkan kualitas produknya. Maka dari itu, kelancaran dan kesempurnaan dalam proses produksi perlu diperhatikan untuk mencapai tujuan ini. Dalam hal ini, statistikan banyak memiliki peranan, misalnya pengumpulan data, pengolahan data, interpretasi, maupun pengambilan keputusan. Selain itu, dalam memproduksi sebuah produk, PT. I membutuhkan suatu *quality control* untuk menghasilkan suatu produk yang memiliki kualitas

yang baik dan memenuhi standar kualitas yang telah di tentukan oleh PT. I.

Kualitas merupakan kemampuan sebuah produk atau jasa untuk memenuhi kebutuhan pelanggan. Kualitas dapat di pandang sebagai pemenuhan standard pembuatan produk dengan benar sejak awal. Setiap perusahaan di tuntut untuk dapat menghasilkan kualitas produk yang sesuai dengan spesifikasi yang diinginkan pelanggan agar kepuasan pelanggan dapat tercapai, sehubungan dengan hal itu, peningkatan kualitas perlu dilakukan karena sangat membantu perusahaan dalam meningkatkan produktivitas, penurunan *rework*, bahan yang terbuang, dan biaya garansi (Heizer & Render, 2009). Dalam penelitian ini di ambil produk rokok W. Proses produksi dari rokok W ini adalah yang pertama pencampuran bahan baku yang diperlukan yaitu campuran tembakau dengan cengkeh. Selanjutnya setelah bahan bahan di campurkan ke dalam mesin *mixing*, kemudian dilakukan *Quality control*. Produk dianggap homogen, sehingga sampling diambil 3 titik dalam satu *batch* dari produk yang telah di *mixing* dan di bawa pada proses *making* (menggunakan tenaga manusia) kemudian dibawa kedalam laboratorium. Dari 3 titik dalam satu *batch* sampling yang telah diambil ada 7 titik random. Setelah dilakukan pengecekan di laboratorium jika ada yang melewati batas spesifikasi maka akan diselidiki penyebabnya.

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk pengendalian kualitas secara statistik adalah diagram kendali. Terdapat dua jenis diagram kendali yaitu diagram kendali *univariate* dan diagram kendali *multivariate*. Diagram kendali *univariate* digunakan untuk satu karakteristik kualitas sedangkan diagram kendali *multivariate* digunakan untuk dua atau lebih karakteristik kualitas (Heizer & Render, 2009). Dalam penelitian rokok W memiliki beberapa karakteristik kualitas yaitu berat rokok, diameter pen, diameter kepala dan *pressure drop*. Karakteristik berat rokok dan *pressure drop* dimana keduanya merupakan karakteristik kualitas yang diduga memiliki hubungan. Hubungan berat rokok semakin tinggi maka *pressure drop* semakin tinggi

pula. Pengendalian kualitas di PT. I sementara ini hanya menggunakan pengecekan produk dibandingkan dengan batas spesifikasi yang telah ditentukan. Oleh karena itu, dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah diagram kendali univariat Individual dan *Moving Range*, diagram kendali M dan diagram kendali T^2 Hotelling. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan evaluasi dan masukan untuk PT. I pada pengendalian kualitas produk yang di produksi khususnya pada produk rokok W. Sehingga dalam waktu mendatang PT. I dapat meningkatkan kualitas dari produk yang dihasilkan khususnya produk W.

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Fitria (2014) mengenai implementasi grafik pengendalian *multivariate* T^2 Hotelling terhadap kualitas produk kertas *newsprint* di PT. Adiprima Suraprinta, berdasarkan hasil analisis yang diperoleh, dapat di simpulkan bahwa pengontrolan proses produksi kertas jenis *Newsprint Paper* di PT. Adiprima Suraprinta ditemukan data keluar dari batas kendali. Berdasarkan hasil analisis dengan menggunakan grafik pengendalian Multivariat T^2 Hotelling diperoleh data yang *out of control* dapat disebabkan karena beberapa hal diantaranya adalah faktor lingkungan, bahan, mesin, operator maupun metode. Selain itu penelitian sebelumnya dilakukan oleh Mawardi (2016) mengenai pengendalian kualitas statistik proses produksi diplomat Mild di PT. Gelora Djaja menggunakan diagram kendali *Generalized Variance* dan T^2 Hotelling diperoleh hasil bahwa penyebab terjadinya proses produksi diluar batas kendali disebabkan karena bahan baku yang digunakan keluar dari spesifikasi, operator sering berganti, suhu ruangan terlalu dingin, luas ruangan terlalu sempit, pengawasan sistem operator kurang, dan mesin yang digunakan cukup tua sehingga sering mengalami gagal operasi. Selain itu penelitian sebelumnya juga dilakukan oleh Ziarieputri (2017) mengenai pengendalian kualitas pada produk herbisida pupuk Sidasfos 480SL di PT. Petrosida Gresik dengan diagram kendali T^2 Hotelling dan *Multivariate Exponentially Weighted Moving*

Average (MEWMA) menunjukkan bahwa proses produksi Sidafos 480SL belum terkendali secara statistik, baik dalam variabilitas maupun dalam rata-rata proses. Kapabilitas proses produksi Sidafos 480SL belum kapabel.

1.2 Rumusan Masalah

Proses produksi rokok W yang menggunakan alat linting giling cetak rokok bertenaga manusia menjadikan produk yang dihasilkan memiliki varians yang beragam. Pengendalian kualitas yang telah dilakukan PT. I hanya melalui inspeksi batas spesifikasi yang telah ditentukan. Sehingga dalam penelitian ini akan dilakukan pengendalian kualitas menggunakan diagram kendali secara univariat menggunakan Individual dan *Moving Range* maupun secara multivariat karena antar karakteristik kualitas berat rokok dan *pressure drop* yang saling berkorelasi. Metode yang digunakan adalah diagram kendali M untuk mengendalikan variabilitas proses dan T^2 Hotelling untuk mengendalikan rata-rata proses.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi stabilitas proses produksi rokok W secara multivariat serta menilai kebaikan proses menggunakan indeks kapabilitas proses produksi rokok W di PT. I.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi PT. I untuk memperbaiki proses produksi rokok W. Sehingga meningkatkan kualitas produksi rokok W yang akan mampu memenuhi kebutuhan pasar dan mampu bersaing di Indonesia.

1.5 Batasan Penelitian

Penelitian dibatasi hanya menggunakan proses produksi rokok “W” di PT. I selama bulan Januari sampai Nopember 2017 dikarenakan pada bulan Desember 2017 proses produksi dihentikan untuk maintenance dan pembersihan seluruh mesin. Karakteristik kualitas yang digunakan berat rokok dan *pressure drop* dikarenakan kedua karakteristik kualitas tersebut yang menjadi karakteristik utama dari perusahaan. Diagram kendali multivariat yang dibuat hanya 1 fase.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Uji Dependensi

Variabel $X_1, X_2, X_3, \dots, X_p$ dikatakan bersifat saling bebas (independen) jika matriks korelasi antar variabel membentuk matriks identitas. Uji independensi antar variabel ini dapat dilakukan dengan uji *Bartlett Sphericity* sebagai berikut.

$H_0 : \rho = \mathbf{I}$ (tidak terdapat korelasi antar variabel)

$H_1 : \rho \neq \mathbf{I}$ (terdapat korelasi antar variabel)

Statistik uji :

$$\chi^2_{hitung} = - \left\{ n - 1 - \frac{2p+5}{6} \right\} \ln |\mathbf{R}| \quad (2.1)$$

Keterangan:

n : Banyak data pengamatan

p : Banyak variabel yang digunakan

\mathbf{R} : Matriks korelasi

Daerah kritis yang digunakan dalam uji *Bartlett Sphericity* ini adalah H_0 ditolak jika $\chi^2_{hitung} > \chi^2_{\alpha, \frac{1}{2}p(p-1)}$ atau $p\text{-value} < \alpha$.

Dengan demikian, kesimpulan yang dapat diambil adalah matriks korelasi bukan merupakan matriks identitas, yang berarti bahwa terdapat hubungan antar variabelnya (Johnson & Winchern, 2007).

2.2 Uji Distribusi Normal Multivariat

Salah satu hal yang harus diperiksa pada pengendalian kualitas menggunakan diagram kendali multivariat adalah distribusi normal multivariat. Variabel X_1, X_2, \dots, X_p dikatakan berdistribusi normal multivariat dengan parameter μ dan Σ jika mempunyai *probability density function* berikut ini (Johnson & Wichern, 2007).

$$f(\mathbf{x}) = \frac{1}{(2\pi)^{p/2} |\Sigma|^{1/2}} e^{-\frac{1}{2}(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu})^T \Sigma^{-1}(\mathbf{x} - \boldsymbol{\mu})} \quad (2.2)$$

dimana:

$\boldsymbol{\mu}$: vektor rata-rata

Σ : matrik varians kovarians populasi

p : banyaknya karakteristik kualitas

Pengujian normal multivariat menggunakan *Saphiro-Wilk* dengan hipotesis berikut ini.

H_0 : Data berdistribusi normal multivariat

H_1 : Data tidak berdistribusi normal multivariat

Statistik Uji:

$$W^* = \frac{1}{p} \sum_{j=1}^p W_{z_j} \quad (2.3)$$

dimana W_{z_j} merupakan titik koordinat ke- j dari observasi yang telah ditransformasi $Z_{j1}, \dots, Z_{jn}, j=1,2,\dots,p$. H_0 akan ditolak jika nilai $W^* < C_{\alpha;n;p}$ yang berarti bahwa data tidak berdistribusi normal multivariat (Alva & Estrada, 2009).

2.3 Diagram Kendali

Diagram kendali yang digunakan dalam penelitian ini adalah diagram kendali univariat *Individual* dan *Moving Range* untuk mendeteksi *outlier*, diagram kendali \bar{M} untuk mengendalikan variabilitas proses dan diagram kendali T^2 Hotelling untuk mengendalikan mean proses. Dalam penelitian ini dilakukan pengendalian variabilitas proses dahulu sebelum rata-rata proses agar tidak terjadi bias dalam hasil pengendalian rata-rata proses.

2.3.1 Diagram Kendali *Individual* dan *Moving Range*

Pengendalian kualitas secara statistik adalah sebuah tehnik yang membantu untuk mendeteksi proses yang tidak normal dalam suatu proses produksi yang disebabkan oleh hal-hal

tertentu. Pengendalian kualitas statistik memiliki asumsi standard yaitu bahwa data yang digunakan berdistribusi normal. Dikarenakan adanya perilaku yang dinamis, maka asumsi ini tidak selalu terpenuhi (Rao, Subbaiah, Rao, & Rao, 2013). Pengendalian kualitas statistik dapat dilakukan secara univariat dan univariat, baik untuk pengamatan subgrup atau individu.

Pengamatan individu biasanya terjadi apabila tingkat produksi rendah, atau tes yang dilakukan pada produk bersifat merusak. Diagram kendali *Moving Range* adalah diagram kendali univariat yang digunakan untuk memonitoring variabilitas proses. Nilai yang digunakan pada diagram kendali ini adalah selisih antar pengamatan dengan garis tengah dan batas kendali sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= D_4 \bar{R} \\ \text{Nilai Tengah} &= \bar{R} \\ \text{BKB} &= D_3 \bar{R} \end{aligned} \quad (2.4)$$

Dengan n (banyak pengamatan yang digunakan dalam *Moving Range*) = 2, maka $D_4=3,267$ dan $D_3=0$. Selanjutnya diagram kendali \bar{X} atau diagram kendali Individual digunakan untuk memonitoring rata-rata proses. Nilai yang digunakan pada diagram kendali ini adalah nilai pengamatan dengan garis tengah dan batas kendali sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \bar{x} + 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \\ \text{Nilai Tengah} &= \bar{x} \\ \text{BKB} &= \bar{x} - 3 \frac{\bar{R}}{d_2} \end{aligned} \quad (2.5)$$

Dengan $n = 2$, maka $d_2=1,128$ (Mitra, 1993). Nilai D_3, D_4 , dan d_2 dapat diketahui melalui tabel *unbiasing constants* pada Lampiran 4.

2.3.2 Diagram kendali M

Diagram kendali M dapat digunakan untuk memonitor variabilitas proses secara multivariat untuk pengamatan yang didasarkan pada *successive difference* (Khoo, 2003). *Successive difference* yaitu selisih antar vektor pengamatan secara berturut-turut dan digunakan dalam menghitung nilai statistiknya dengan menggunakan rumus $x_{i+1} - x_i$ dan diperoleh matriks \mathbf{V} yang berdistribusi $N_p(0, 2\Sigma)$ sebagai berikut.

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} v_1' \\ v_2' \\ \vdots \\ v_{n-1}' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (x_2 - x_1)' \\ (x_3 - x_2)' \\ \vdots \\ (x_n - x_{n-1})' \end{bmatrix} \quad (2.6)$$

Matriks \mathbf{V} yang diperoleh dan berdistribusi $N_p(0, 2\Sigma)$ jika dikalikan dengan $\frac{1}{\sqrt{2}}$ maka akan menjadi $\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{V}$ yang berdistribusi $N_p(0, \Sigma)$. Apabila diketahui $\mathbf{C}\mathbf{C}' = \Sigma$ dimana \mathbf{C} adalah matriks non-singular atau determinan tidak sama dengan nol berukuran $m \times m$ dan misal.

$$\mathbf{U} = \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{C}^{-1}\mathbf{V} \quad (2.7)$$

$$\mathbf{U} = \frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{C}^{-1}(x_{i+1} - x_i) \quad (2.8)$$

Maka,

$$\begin{aligned} \mathbf{U}'\mathbf{U} &= \left[\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{C}^{-1}\mathbf{V} \right]' \left[\frac{1}{\sqrt{2}}\mathbf{C}^{-1}\mathbf{V} \right] \\ \mathbf{U}'\mathbf{U} &= \frac{1}{2}\mathbf{V}'(\mathbf{C}^{-1})'(\mathbf{C}^{-1})\mathbf{V} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mathbf{U}'\mathbf{U} &= \frac{1}{2} \mathbf{V}' \Sigma^{-1} \mathbf{V} \\ \mathbf{U}'\mathbf{U} &= \frac{1}{2} (x_{i+1} - x_i)' \Sigma^{-1} (x_{i+1} - x_i) \end{aligned} \quad (2.9)$$

Dimana $\mathbf{U}'\mathbf{U} = \mathbf{M}_i \sim \chi_p^2$, sehingga perhitungan statistik dalam diagram kendali M adalah sebagai berikut.

$$\mathbf{M}_i = \frac{1}{2} (x_i - x_{i-1})' \Sigma^{-1} (x_i - x_{i-1}), i = 2, 3, \dots, n \quad (2.10)$$

Dengan menggunakan statistik M yang berdistribusi χ_p^2 pada Persamaan (2.9) maka batas diagram kendali M adalah sebagai berikut.

$$\begin{aligned} \text{BKA} &= \chi_{p, \alpha/2}^2 \\ \text{BKB} &= \chi_{p, 1-\alpha/2}^2 \end{aligned} \quad (2.11)$$

2.3.3 Diagram kendali T²Hotelling Individu

Suatu proses produksi terkadang memiliki karakteristik kualitas yang lebih dari satu, sehingga hal tersebut dinamakan proses produksi yang bersifat multivariat (Montgomery, 2009). Diagram kendali T²Hotelling individu digunakan untuk pengendalian kualitas dengan karakteristik kualitas suatu produk bersifat multivariat dan hanya memiliki 1 subgrup. Menggunakan perhitungan kovarians kurang efektif dalam mendeteksi pergeseran vektor rata-rata. Hal tersebut dikarenakan nilai dari matriks varians kovarians belum cukup dekat dengan nilai matriks varians kovarians yang sesungguhnya (bias). Maka digunakan metode *Successive difference* (menggunakan selisih dua vektor pengamatan secara berurutan) untuk mendapatkan matriks

varians kovarian. *Successive difference* diperoleh dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\mathbf{V}_i = x_{i+1} - x_i, i=1,2,\dots,n-1 \quad (2.12)$$

$$\mathbf{V} = \begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} (x_2 - x_1)' \\ (x_3 - x_2)' \\ \vdots \\ (x_n - x_{n-1})' \end{bmatrix} \quad (2.13)$$

Dimana \mathbf{V} merupakan vektor selisih antara vektor data ke- i dan vektor data ke $i+1$. Kemudian matriks kovarians dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut.

$$\mathbf{S} = \frac{1}{2} \frac{\mathbf{V}'\mathbf{V}}{(n-1)} \quad (2.14)$$

Setelah didapatkan matriks varians kovarians pada Persamaan (2.13), selanjutnya menghitung nilai statistik T^2 Hotelling individu dengan persamaan sebagai berikut.

$$\mathbf{T}^2 = (\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}})' \mathbf{S}^{-1} (\mathbf{x} - \bar{\mathbf{x}}) \quad (2.15)$$

Seperti halnya dengan diagram kendali yang lain, pengendalian kualitas secara multivariat dengan diagram kendali T^2 Hotelling Individu memiliki batasan kontrol untuk fase I sebagai berikut.

$$\text{BKA} = \frac{(n-1)^2}{n} \beta_{\alpha, p/2, (n-p-1)/2} \quad (2.16)$$

$$\text{BKB} = 0$$

Keterangan :

n = banyaknya pengamatan, $i=1,2,\dots,n$

p = banyaknya karakteristik kualitas (variabel)

2.4 Kapabilitas Proses

Kapabilitas proses adalah suatu studi keteknikan guna menaksir kemampuan proses. Analisis kemampuan proses

merupakan bagian yang sangat penting dari keseluruhan program peningkatan kualitas (Montgomery, 2009). Proses dikatakan kapabel jika :

1. Dalam keadaan terkendali
2. Memenuhi batas spesifikasi
3. Tingkat presisi dan akurasi tinggi

Analisis kapabilitas proses untuk data multivariat adalah sebagai berikut (Raissi, 2009).

$$MC_P = \sum_{K=1}^P W_k C_P(X_k) \quad (2.17)$$

$$MC_{PK} = \sum_{K=1}^P W_k C_{PK}(X_k) \quad (2.18)$$

Keterangan:

MC_P = Tingkat presisi data multivariat

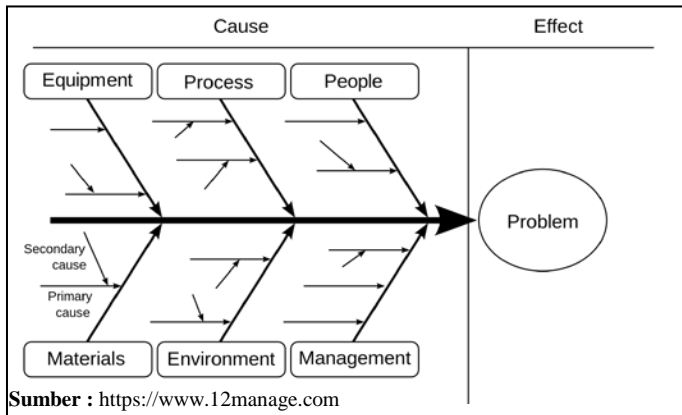
MC_{PK} = Tingkat akurasi data multivariat

W_K merupakan pembobot dengan $\sum_{K=1}^P W_K = 1$. Presisi adalah

ukuran kedekatan antara satu pengamatan dengan pengamatan lain, dan nilai Akurasi adalah ukuran kedekatan hasil pengamatan dengan nilai target.

2.5 Diagram Ishikawa

Menurut Montgomery (2009), teknik yang berguna untuk analisis ketidaksesuaian lebih lanjut adalah daigram sebab dan akibat (juga dinamakan diagram tulang ikan atau diagram *Ishikawa*). Diagram sebab dan akibat digunakan untuk melukiskan dengan jelas berbagai sumber ketidaksesuaian dalam produk dan saling hubungannya. Berguna dalam memusatkan perhatian operator, insinyur produksi, dan pimpinan dalam masalah kualitas. Mengembangkan diagram sebab dan akibat yang baik biasanya memajukan tingkat pemahaman teknologi proses.



Gambar 2.1 Diagram *Ishikawa*

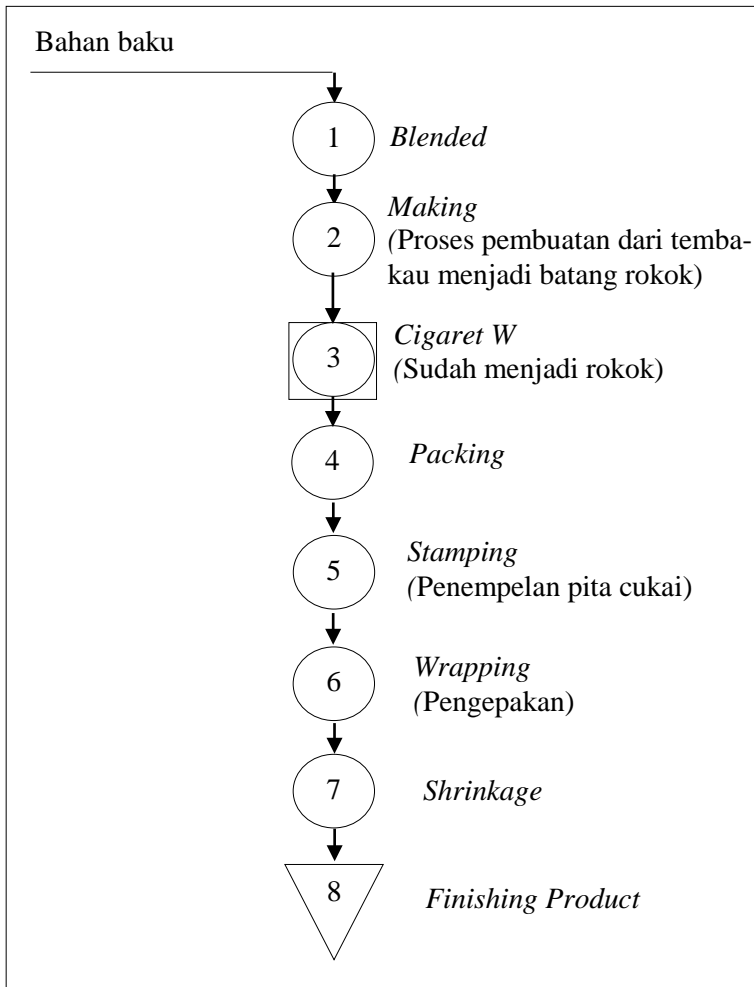
2.6 Profil PT. I

Produk pertama PT. I adalah Sigaret Kretek Tangan (SKT) merk “G”. Setahun kemudian, produk yang dikeluarkan atau diliris adalah produk SKT. Pada saat ini dalam perkembangannya produk-produk berkualitas terlahir dari PT. I contohnya rokok SKT “W”. Proses produksi yang berlangsung pada rokok “W” di PT. I adalah sebagai berikut.

- Blended* merupakan campuran dari berbagai macam jenis tembakau, cengkeh, *flavor* dengan komposisi yang sudah distandarkan oleh perusahaan sehingga diperoleh cita rasa rokok “W” yang diinginkan.
- Making “W”* merupakan proses pembuatan *finished good* rokok yang berasal dari *blended* menggunakan alat linting giling cetak rokok yang menggunakan tenaga manusia
- Cigaret “W”* merupakan rokok yang telah jadi melalui proses *blended* dan *making* dengan spesifikasi yang sudah ditetapkan standar dari perusahaan
- Packing* merupakan proses pengepakan rokok dan pemasukan *aluminium foil* dengan kecepatan mesin 180pack/menit
- Stamping* merupakan proses penempelan pita cukai pada setiap *pack* rokok

- f. *Wrapping* merupakan proses pembungkusan plastik rokok menggunakan plastik dengan tujuan untuk menjaga kualitas rokok
- g. *Shrinkage* merupakan proses pemanasan OPP (plastik rokok) sesuai dengan ukuran *pack* dengan temperatur 200°C agar plastik pada proses *wrapping* dapat melekat dengan baik

Langkah-langkah proses produksi rokok “W” di PT. I ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Peta Proses Rokok “W”

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Sumber Data dan Pengambilan Data

Data penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah data sekunder yang diperoleh pada produksi bulan Januari hingga Nopember 2017. Data diperoleh dari departemen RnD PT. I pada proses produksi rokok W. Data terdiri dari variabel berat rokok dan *Pressure Drop* (PD).

Proses pengambilan sampel dilakukan dengan cara pengambilan sampel pada tiap *batch* sebanyak tiga titik yaitu, atas, tengah dan bawah *batch*. Setelah pengambilan pada tiap titik tersebut maka dicampur dan diambil lagi sebanyak 1 batang rokok. Satu batang rokok inilah yang digunakan sebagai sampel dalam penelitian ini.

Satu per satu batang rokok dimasukkan dalam alat ditimbang dan dinyalakan untuk mengukur daya hidup rokok W selama dihisap. Hasil dari penimbangan dan pengukuran daya hidup rokok selama dihisap yang telah dilakukan selanjutnya diuji menggunakan analisis statistik yaitu diagram kendali untuk mengetahui kebaikan proses produksi rokok W yang telah dilakukan oleh perusahaan.

3.2 Variabel Penelitian

Berikut merupakan variabel penelitian yang digunakan dimana merupakan karakteristik kualitas dari produk rokok W yang sesuai standart dari perusahaan.

Tabel 3.1 Variabel Penelitian

Variabel	Nama Variabel	Satuan	Batas Spesifikasi	Definisi operasional
X ₁	Berat Rokok	gram	1.8 – 2.1	Berat rokok dari setiap batang
X ₂	<i>Pressure Drop</i>	mmWG	72,9 – 75,4	Daya hidup rokok selama dihisap

3.3 Struktur data

Tabel 3.2 merupakan struktur data produk rokok W yang akan digunakan pada penelitian ini.

Tabel 3.2 Struktur Data Penelitian

Observasi ke-	Karakteristik Kualitas (k)	
	Berat Rokok	Pressure Drop
1	X ₍₁₎₁	X ₍₁₎₂
2	X ₍₂₎₁	X ₍₂₎₂
...
177	X ₍₁₇₇₎₁	X ₍₁₇₇₎₂

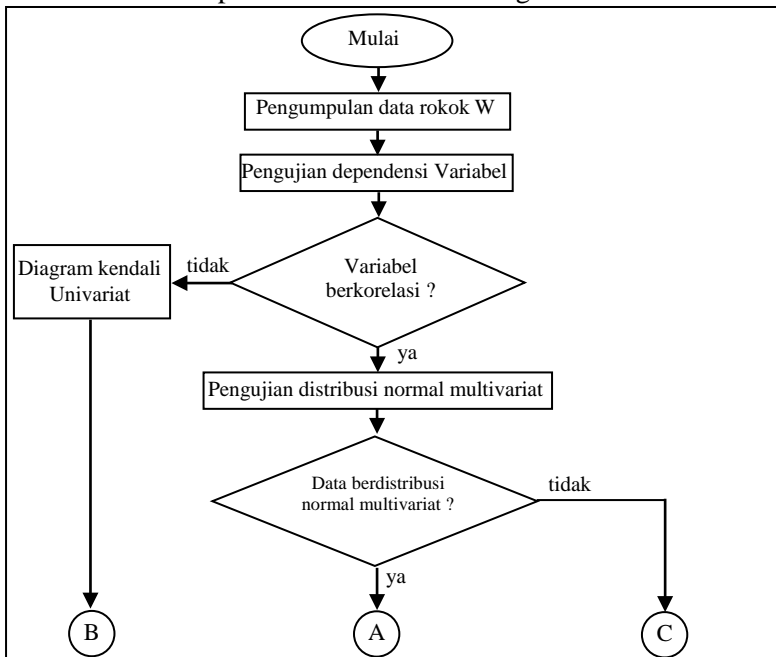
3.4 Langkah Analisis

Berikut merupakan langkah-langkah analisis penelitian yang akan dilakukan.

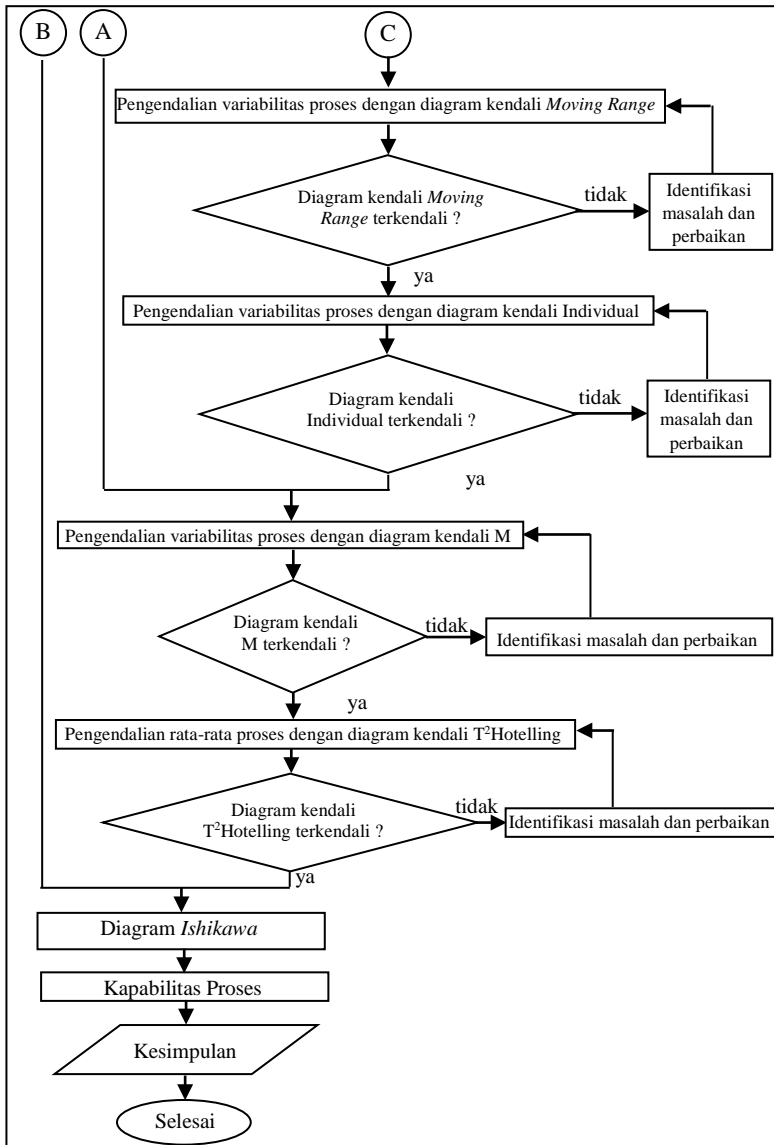
1. Melakukan eksplorasi data produksi rokok W.
2. Melakukan pengujian dependensi variabel menggunakan uji *Bartlett Sphericity* pada data produk rokok W untuk mengetahui apakah antar variabel-variabel saling berkorelasi dengan menggunakan Persamaan 2.1.
3. Melakukan pengujian distribusi normal multivariat pada data produk rokok W untuk mengetahui apakah variabel penelitian mengikuti distribusi normal dengan menggunakan Persamaan 2.3.
4. Melakukan pengecekan *outlier* menggunakan diagram kendali *Moving Range* dan Individual
5. Melakukan pengendalian kualitas produk dengan membuat diagram kendali M untuk mengendalikan variabilitas proses dengan langkah-langkah sebagai berikut.

- a. Menghitung M_t sesuai Persamaan 2.9.
 - b. Menetapkan batas kendali pada tiap pengamatan
6. Diagram kendali T^2 Hotelling untuk mengendalikan rata-rata proses dengan langkah-langkah sebagai berikut.
 - a. Menghitung V dengan Persamaan 2.13
 - b. Menghitung nilai statistik uji T^2 Hotelling
 - c. Menetapkan batas kendali pada tiap pengamatan
7. Identifikasi Penyebab *Out of control*.
8. Membuat Diagram Ishikawa.
9. Menghitung Kapabilitas Proses.
10. Membuat kesimpulan.

Diagram alir merupakan visualisasi dari langkah-langkah analisis dalam melakukan penelitian ini adalah sebagai berikut.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian(lanjutan)

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Pada penelitian ini dilakukan pengendalian kualitas terhadap data hasil produksi rokok W untuk mengetahui kebaikan proses produksi rokok W PT. I menggunakan diagram kendali *Moving Range* dan Individual untuk mengevaluasi data *outlier* yang ada pada proses produksi serta diagram kendali M dan diagram kendali T^2 Hotelling. Sebelum dilakukan pengendalian kualitas maka dilakukan perhitungan karakteristik data hasil produksi W dan pengujian asumsi dependensi variabel dan asumsi distribusi normal multivariat. Setelah dilakukan pengendalian kualitas dilanjutkan dengan identifikasi permasalahan utama pada proses produksi hingga perhitungan kapabilitas proses produksi rokok W.

4.1 Karakteristik Data

Analisis karakteristik kualitas produk rokok W dapat digambarkan secara ringkas dengan menggunakan statistika deskriptif untuk mengetahui rata-rata, ragam, nilai minimum, dan nilai maksimum dari hasil pengamatan produk rokok W di PT. I. Hasil analisis statistika deskriptif dari hasil produksi rokok W dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Karakteristik Data Kualitas Rokok W

Karakteristik Kualitas	Rata-rata	Ragam	Min	Maks	Batas Spesifikasi
Berat Rokok	1,9194	0,0377	1,82	2,03	1.8-2.1
<i>Pressure Drop</i>	74,1810	7,0230	55,10	97,20	72,9-75,4

Tabel 4.1 menunjukkan karakteristik data hasil produksi rokok W memiliki rata-rata berat rokok dan *pressure drop* hasil produksi pada bulan Januari hingga Nopember 2017 berada pada spesifikasi atas dan bawah. Variasi dari hasil pengamatan pada spesifikasi *pressure drop* perlu menjadi perhatian karena terlalu besar. Selain variasi, nilai minimal dan maksimal *pressure drop* berada di luar batas spesifikasi.

4.2 Pengujian Dependensi Variabel

Asumsi pertama yang harus dipenuhi adalah data saling berkorelasi secara multivariat. Uji *Bartlett Sphericity* digunakan untuk mengetahui homogenitas matriks korelasi. Untuk menguji homogenitas varian dapat dirumuskan kedalam hipotesis sebagai berikut :

$$H_0 : \rho = I$$

$$H_1 : \rho \neq I$$

Berdasarkan pada *output SPSS* pada Lampiran 2 didapatkan nilai signifikansi sebesar 0,000 dimana nilai signifikansi tersebut kurang dari α sebesar 0,05 dan perhitungan manual menunjukkan nilai T_{hitung} sebesar 6,264706 yang lebih besar dari $T_{tabel} (0,025;175)$ sebesar 2,26. Keputusan yang diambil adalah tolak H_0 atau dapat disimpulkan bahwa varians dari matrik korelasi dari setiap karakteristik kualitas adalah homogen dan matrik kovariannya saling berkorelasi.

4.3 Pengujian Distribusi Normal Multivariat

Salah satu asumsi yang harus dipenuhi untuk dapat melanjutkan pada analisis selanjutnya adalah data berdistribusi normal multivariat. Untuk menguji apakah data hasil proses produksi rokok W berdistribusi normal multivariat dapat dirumuskan kedalam hipotesis sebagai berikut :

H_0 : Data hasil proses produksi rokok W berdistribusi normal multivariat.

H_1 : Data hasil proses produksi rokok W tidak berdistribusi normal multivariat.

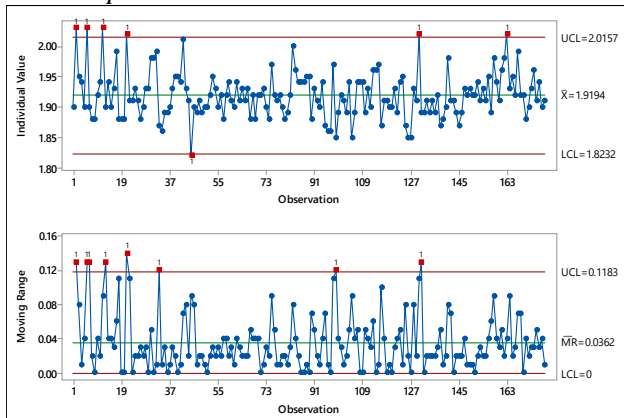
Dengan menggunakan *Saphiro Wilk's* berdasarkan pada Persamaan (2.3) menghasilkan nilai *p-value* sebesar 0,07801 yang dapat dilihat pada Lampiran 3, berarti bahwa *p-value* lebih besar dari α (0,05), sedangkan nilai W^* sebesar 0,98746 lebih besar

dari nilai $C_{0,05;177;2}$ sebesar 0,984618 maka H_0 gagal ditolak dan disimpulkan bahwa data berdistribusi normal multivariat.

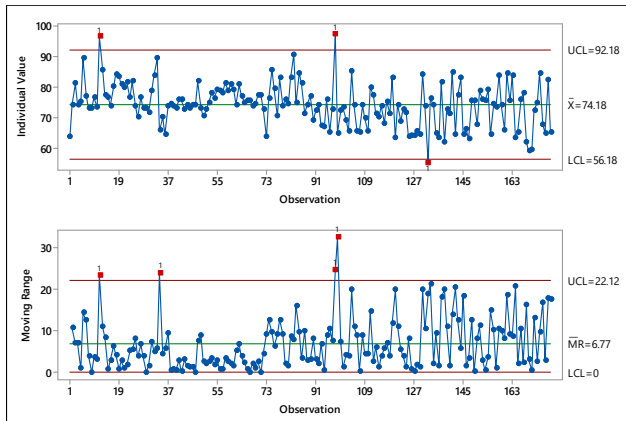
Asumsi-asumsi yang diperlukan untuk melakukan analisis yaitu korelasi antar karakteristik kualitas dan distribusi normal multivariat telah terpenuhi, maka dapat dilakukan analisis selanjutnya.

4.4 Diagram kendali Univariat

Analisis secara univariat dilakukan tanpa mempertimbangkan hubungan antar variabel. Variabel berat rokok dan *Pressure Drop* masing-masing akan dianalisis menggunakan diagram kendali *Individual-Moving Range* (I-MR) untuk mengetahui apakah proses produksi telah terkendali secara statistik. Pengendalian proses statistik secara univariat dibutuhkan untuk mengidentifikasi pengamatan yang keluar dari batas kendali dan untuk menentukan batas kendali untuk memantau pengamatan selanjutnya. Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan hasil evaluasi untuk variabel berat rokok dan *Pressure Drop*.



Gambar 4.1 Diagram kendali I-MR Variabel Berat Rokok



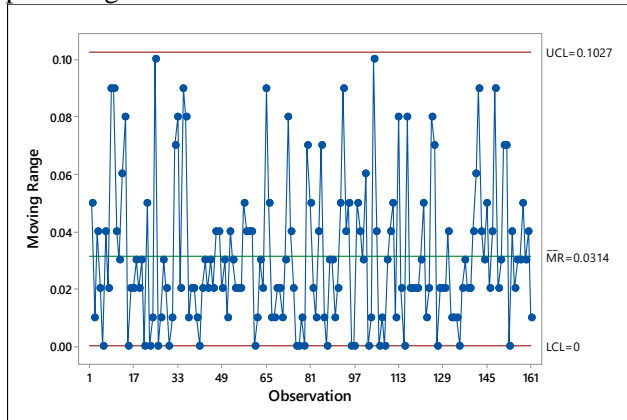
Gambar 4.2 Diagram kendali I-MR Variabel *Pressure Drop*

Berdasarkan Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa terdapat titik yang keluar dari batas pengamatan pada diagram kendali *Moving Range* maupun *Individual*, artinya variabilitas proses maupun rata-rata proses belum terkendali secara statistik. Maka evaluasi terhadap variabilitas proses dan rata-rata proses perlu dilakukan.

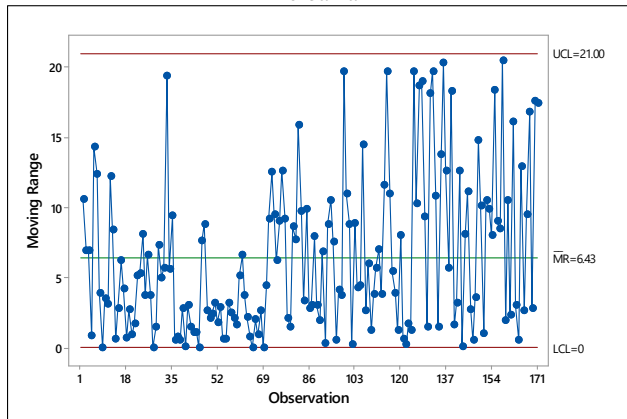
4.4.1. Evaluasi Variabilitas Proses dengan Diagram Kendali *Moving Range*

Diagram kendali *Moving Range* digunakan untuk mengontrol variabilitas proses. Apabila terdapat titik pengamatan yang melebihi batas, artinya variabilitas proses produksi belum terkendali secara statistik. Pada Gambar 4.1 diketahui bahwa terdapat 8 titik pengamatan yang melebihi batas kendali atas, yaitu pada pengamatan ke-2, 6, 7, 13, 21, 33, 99, dan 131. Sedangkan pada Gambar 4.2 diketahui terdapat 4 titik yang keluar dari batas kendali yaitu pada pengamatan ke-12, 34, 98, dan 99. Titik-titik pengamatan yang keluar dari batas kendali diindikasikan merupakan *outlier* pada proses produksi rokok W. Oleh karena itu, titik-titik pengamatan tersebut akan langsung dikeluarkan secara satu per satu. Perbaikan diagram kendali *Moving Range* variabel berat rokok dilakukan sebanyak 8 kali perbaikan dan

pada variabel *Pressure Drop* sebanyak 6 kali perbaikan yang dapat dilihat pada Lampiran 6 dan Lampiran 7. Sedangkan penjelasan terhadap data *outlier* tersebut akan dibahas secara detail pada diagram *Ishikawa*.



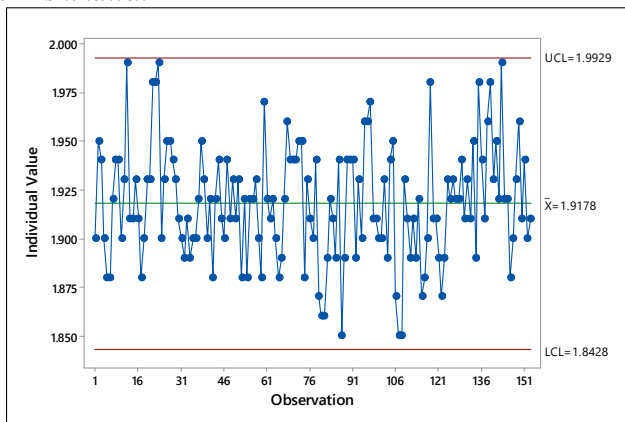
Gambar 4.3 Diagram Kendali *Moving Range* Variabel Berat Rokok Setelah Perbaikan



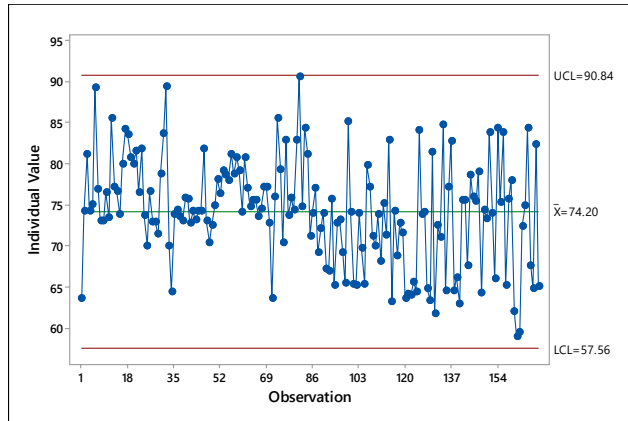
Gambar 4.4 Diagram Kendali *Moving Range* Variabel *Pressure Drop* Setelah Perbaikan

4.4.2. Evaluasi Rata-Rata Proses dengan Diagram Kendali Individual

Hasil evaluasi rata-rata proses yang dilakukan sebelumnya pada Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 keduanya belum terkendali secara statistik. Pada Gambar 4.1 terdapat 7 titik pengamatan yang keluar dari batas kendali atas maupun bawah, yaitu pada pengamatan ke-2,6,12,21,45,130, dan 163. Pada Gambar 4.2 terdapat 3 titik pengamatan yang keluar dari batas kendali atas maupun bawah, yaitu pada pengamatan ke-12,98, dan 132. Titik-titik pengamatan yang keluar dari batas kendali diindikasikan merupakan *outlier* pada proses produksi rokok W. Oleh karena itu, titik-titik pengamatan tersebut akan langsung dikeluarkan secara satu per satu. Perbaikan diagram Individual pada variabel berat rokok sebanyak 6 kali perbaikan dan pada variabel *Pressure Drop* sebanyak 1 kali perbaikan yang dapat dilihat pada Lampiran 8 dan Lampiran 9. Sedangkan penjelasan terhadap data *outlier* tersebut akan dibahas secara detail pada diagram *Ishikawa*.



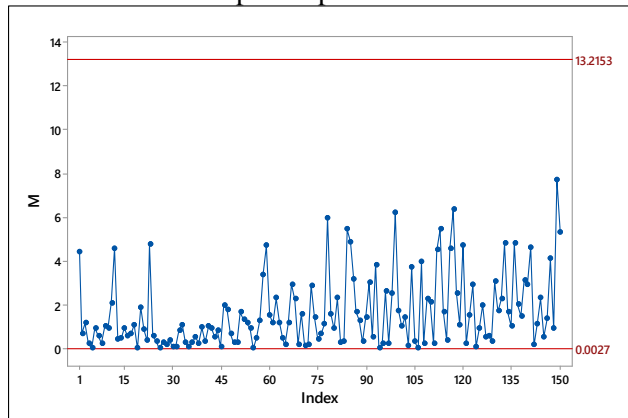
Gambar 4.5 Diagram kendali Individual Variabel Berat Rokok Setelah perbaikan



Gambar 4.6 Diagram kendali Individual Variabel *Pressure Drop* Setelah perbaikan

4.5 Diagram Kendali M

Pengendalian kualitas secara statistik menggunakan diagram kendali diawali dengan pengendalian pada variabilitas proses. Pada penelitian ini diagram kendali M yang digunakan untuk mengendalikan variabilitas proses. Berikut ini merupakan hasil pengendalian variabilitas proses produksi rokok W.

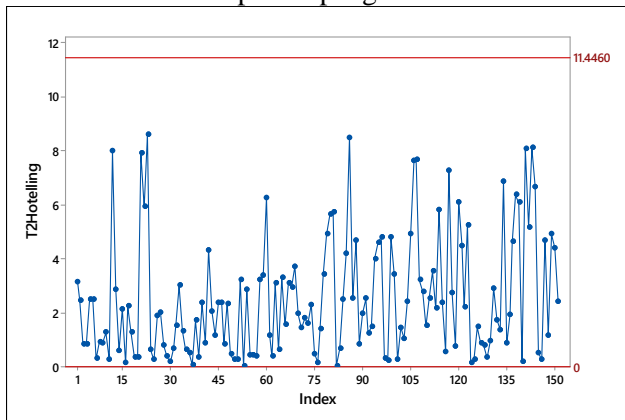


Gambar 4.7 Diagram kendali M Hasil Produksi Rokok W

Diagram kendali M pada Gambar 4.7 menunjukkan bahwa variabilitas proses produksi rokok W telah terkendali. Plot-plot M pada Gambar 4.7 tidak ada yang keluar, masih dalam batas kendali dengan batas kendali atas sebesar 13,2153 dan batas kendali bawah sebesar 0,0027. Hal tersebut mengindikasikan bahwa variabilitas proses produksi rokok W sudah terkendali secara statistik.

4.6 Diagram kendali T^2 Hotelling Individu

Setelah dilakukan pengendalian terhadap variabilitas prosesnya maka selanjutnya dilakukan pengendalian terhadap rata-rata proses. Pada penelitian ini pengendalian rata-rata proses menggunakan diagram kendali T^2 Hotelling Individu, berikut merupakan hasil rata-rata proses pengendalian kualitas rokok W.

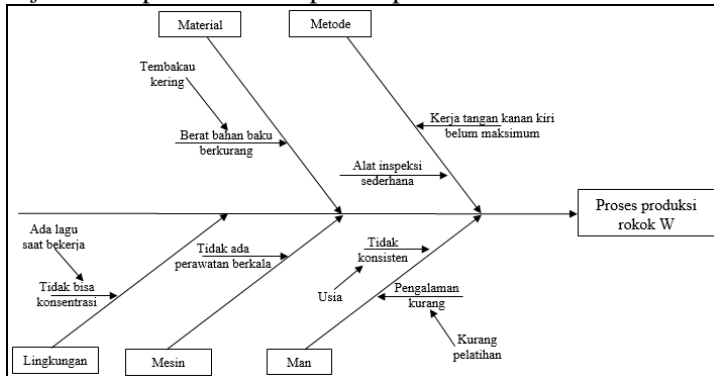


Gambar 4.8 Diagram kendali T^2 Hotelling Individu hasil produksi rokok W
Gambar 4.8 menunjukkan bahwa rata-rata proses hasil produksi rokok W terkendali dengan batas kendali atas sebesar 11,4460 dan batas kendali bawah 0 karna plot sudah berada dalam batas kendali.

4.7 Diagram Ishikawa

Penindaklanjutan data pengamatan yang keluar dari batas kendali atau *outlier*, maka digunakan diagram *Ishikawa* untuk

mengetahui penyebab-penyebabnya. Gambar 4.3 akan menjelaskan secara visual penyebab terjadinya data pengamatan *out of control* pada rata-rata proses produksi rokok W.



Gambar 4.9 Diagram Ishikawa

Dari hasil evaluasi proses yang telah dilakukan, maka PT. I perlu untuk melakukan perbaikan pada produksi rokok W. Untuk dapat melakukan perbaikan, tentunya pihak perusahaan perlu mengetahui faktor-faktor apa saja yang menjadi penyebab terjadinya *out of control*. Setelah dilakukan penelitian dengan pihak PT. I didapatkan penyebab penyebab dari keadaan *out of control*. Faktor pertama adalah pada tenaga kerja. Ada beberapa penjelasan mengenai faktor tenaga kerja usia para pekerja beragam mulai dari 17 tahun hingga 50 tahun, mengakibatkan dalam 7 jam kerja konsistensi dan konsentrasi juga beragam, lama bekerja dan pengalaman yang berbeda-beda. Faktor kedua adalah bahan baku utama yaitu tembakau saat proses penyimpanan (*overnight*) mengalami penurunan berat. Faktor lingkungan kerja pada saat bekerja adanya lagu yang di putar yang gunanya untuk menghibur para pekerja dapat mengurangi konsentrasi. Faktor metode yang digunakan saat bekerja menggunakan tangan kanan dan kiri masih kurang maksimum dan saat inspeksi masih menggunakan alat yang sederhana. Faktor alat yang digunakan tidak dirawat secara berkala, kain kasa yang digunakan untuk melingting rokok masih tetap digunakan hingga terjadi kerusakan.

4.8 Analisis Kapabilitas Proses

Indeks kapabilitas proses digunakan untuk mengetahui apakah proses produksi rokok W di PT. I telah kapabel atau tidak. Kapabilitas proses dapat dilakukan setelah proses terkendali secara statistik. Indeks kapabilitas proses yang digunakan apabila proses telah terkendali yaitu C_p dan C_{pk} . Berikut merupakan kapabilitas proses produksi pada masing-masing karakteristik kualitas.

Tabel 4.2 Indeks Kapabilitas Proses Produksi Rokok W

Karakteristik Kualitas	C_p	C_{pk}
Berat Rokok	1,99	1,57
Pressure Drop	0,08	0,04

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa produksi rokok W nilai C_p dan C_{pk} berat rokok lebih dari 1 sehingga dikatakan bahwa tingkat presisi maupun akurasi tinggi. Sedangkan tingkat akurasi dan presisi pada *Pressure Drop* sangat rendah karena nilai kurang dari 1. Berikut merupakan indeks kapabilitas proses produksi rokok W secara multivariat.

$$MC_p = (w_1 \times C_{p_1}) + (w_2 \times C_{p_2}) = (0,5 \times 1,99) + (0,5 \times 0,08) \\ = 1,035$$

$$MC_{pk} = (w_1 \times C_{pk_1}) + (w_2 \times C_{pk_2}) = (0,5 \times 1,57) + (0,5 \times 0,04) \\ = 0,805$$

Berdasarkan perhitungan manual tersebut nilai indeks kapabilitas proses untuk presisi produksi rokok W secara multivariat lebih dari 1 tetapi akurasi proses produksi rokok W secara multivariat kurang dari 1. Maka dapat disimpulkan bahwa presisi proses produksi rokok W secara multivariat baik tetapi tidak memenuhi target (akurasi) proses produksi dan tidak kapabel.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan mengenai pengendalian kualitas pada data hasil proses produksi rokok W di PT. I, maka didapatkan kesimpulan. Menggunakan diagram kendali *Moving Range* dan Individual dapat disimpulkan variabilitas proses maupun rata-rata proses telah terkendali setelah beberapa kali perbaikan. Sedangkan secara multivariat dengan menggunakan diagram kendali M dan diagram kendali T^2 Hotelling dapat disimpulkan variabilitas proses maupun rata-rata proses produksi rokok W telah terkendali secara statistik. Berdasarkan analisis menggunakan diagram Ishikawa faktor-faktor yang menyebabkan rata-rata proses belum terkendali adalah dari berat bahan baku berkurang, usia para pekerja beragam, konsistensi dan konsentrasi juga beragam, lama bekerja dan pengalaman yang berbeda-beda, pada saat bekerja adanya lagu yang di putar yang gunanya untuk menghibur para pekerja dapat mengurangi konsentrasi, penggunaan tangan kanan dan kiri masih kurang maksimum dan saat inspeksi masih menggunakan alat yang sederhana, alat yang digunakan tidak dirawat secara berkala. Berdasarkan analisis menggunakan perhitungan manual kapabilitas proses diperoleh hasil bahwa proses produksi rokok W secara univariat maupun multivariat tidak kapabel. Presisi proses produksi rokok W telah baik tetapi target (akurasi) hasil proses produksi belum tercapai.

5.2 Saran

Pengendalian kualitas terhadap proses produksi rokok W pada PT. I perlu dilakukan peninjauan kembali bagaimana proses produksi rokok W dikarenakan banyak faktor yang telah diketahui dan bisa diminimalisir untuk meningkatkan kualitas proses produksi. Keragaman pada hasil produksi rokok W yang

menjadikan penyebab nilai kebaikan proses yang masih belum mencapai target perlu diperbaiki.

DAFTAR PUSTAKA

- Alva, J., & Estrada, E. (2009). A Generalization of Saphiro-Wilk's Test for Multivariate Normality. *Communication in Statistics Theory and Methods*, 38, 1870-1883.
- Fitria, N. L. (2014). implementasi grafik pengendalian multivarait T²hotelling terhadap kualitas produk kertas newprint di PT. Adiprima Suraprinta. Malang: Universitas Negeri Malang.
- Heizer, J., & Render, B. (2009). *Manajemen Operasi* (9 ed.). (C. Sungkono, Penerj.) Jakarta: Salemba Empat.
- Johnson, R. A., & Winchern, D. W. (2007). *Applied Multivariate Statistical Analysis* (6th ed.). New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Khoo, M., & Quah, S.H. (2003). *Multivariate Control Chart For Process Dispersion Based On Individual Observations*. *Journal Quality Engineering*, 15(4),639-642.
- Mawardi, Y. (2016). *Tugas Akhir “Pengendalian Proses Kualitas Proses Produksi Diplomat Mild di PT. Gelora Djaja Surabaya Jawa Timur”*. Surabaya: ITS Library.
- Mitra, A. (1993). *Fundamentals of Quality Control*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Montgomery, D. C. (2009). *Introduction to Statistical Quality Control* 5th edition. New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Raissi, S. (2009). Multivariate process capability indices on the presence of priority for quality characteristics. *Journal of Industrial Engineering International*, Vol. 5, No. 9, 27-36.
- Rao, O. M., Subbaiah, K., Rao, K., & Rao, T. (2013). Application of Multivariate Control Chart for Movement in Quality of Hotmetal - Case Study. *International Journal for Quality Research*, 623-638.

Ziarieputi, A. H. (2017). *Tugas Akhir* “Pengendalian Kualitas Produk Herbisida Sidafos 480SL di PT. Petrosida Gresik”. Surabaya: ITS Library.

LAMPIRAN

Lampiran 1. *Output* MINITAB Statistika Deskriptif

Descriptive Statistics: weight, pd

Variable	Mean	Variance	Minimum	Maximum
weight	1.9194	0.00142	1.8200	2.0300
pd	74.181	49.321	55.100	97.200

Lampiran 2. *Output* SPSS Bartlett's Test of Sphericity

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.500
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	22.525
	Df	1
	Sig.	.000

Lampiran 3. *Syntax* Pengujian Distribusi Normal Multivariat

```
> data=read.table("D:/normal.txt",header=T,sep="")
> head(data)
  x1 x2
1 1.90 63.6
2 1.95 81.1
3 1.90 75.0
4 2.03 89.3
5 1.90 76.9
6 1.88 73.0
> mdata=as.matrix(data)
> mvShapiro.Test(mdata)
  Generalized Shapiro-Wilk test for Multivariate Normality by
  Villaseñor-Alva and Gonzalez-Estrada
data: mdata
MVW = 0.98746, p-value = 0.07801
```

Lampiran 4. *Unbiasing Constants*

n	d₂	D₃	D₄
2	1,128	0	3,267
3	1,693	0	2,574
4	2,059	0	2,282
5	2,326	0	2,114
6	2,534	0	2,004
7	2,704	0,204	1,924
8	2,847	0,388	1,864
9	2,97	0,547	1,816
10	3,078	0,687	1,777

Lampiran 5. *Syntax* Perhitungan statistik diagram kendali M dengan *Matlab*

```

clc;
clear all;

%Program Peta Kendali M
data=importdata('D:\data.xlsx')
alpha=input('0.0027')
[m,p]=size(data);
%Menghitung Successive Difference
n=m-1;
for i=1:n
for j=1:p
k=i+1;
V(i,j)=data(k,j)-data(i,j);
end
end

%Menghitung Statistik M
S=cov(data) inv_S=inv(S);
Vt=V.';
for j=1:n
M(j,1)=(1/2)*V(j,:)*inv_S*Vt(:,j);
end

%Menghitung Batas Kendali
ucl=chi2inv(1-(alpha/2),p);
lcl=chi2inv(alpha/2,p);

%Peta Kendali
for j=1:n
bka(j,1)=ucl;
end

```

Lampiran 5.1 Lanjutan *Syntax* Perhitungan statistik diagram kendali M d

engan *Matlab*

```
for j=1:n
bkb(j,1)=lcl;
end
x=1:n
y=M
plot(x,y,'b*-',x,bka,'k-',x,bkb,'k-')
title('Peta Kendali M Fase I')
xlabel('Observasi ke-')
ylabel('M')
text(k,ucl,'BKA') text(k,lcl,'BKB')

%Jumlah Observasi Yang Keluar
for j=1:n if(M(j,1)>ucl)|(M(j,1)<lcl)
o(j,1)=j; else o(j,1)=0
end;
end;
obs=sum(o)

%Observasi Yang Keluar
for j=1:n
if(M(j,1)>ucl)|(M(j,1)<lcl)
obs(j,1)=j; else obs(j,1)=0
end;
end;
obs_out=obs
```

Lampiran 6. *Syntax* Perhitungan statistik diagram kendali T^2 Hotelling dengan *Matlab*

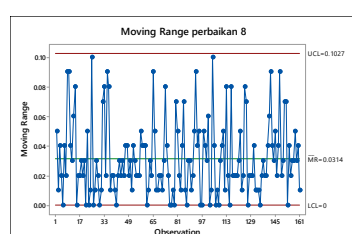
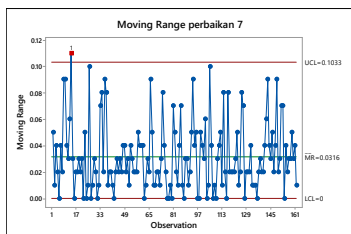
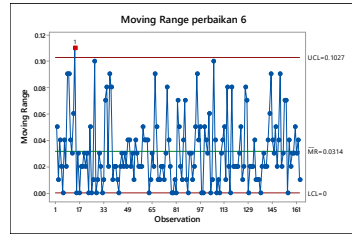
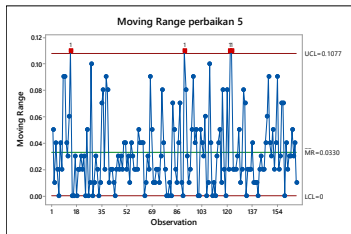
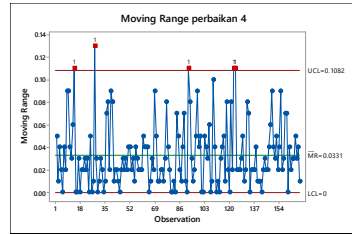
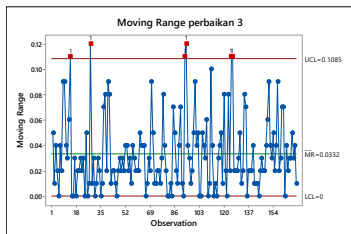
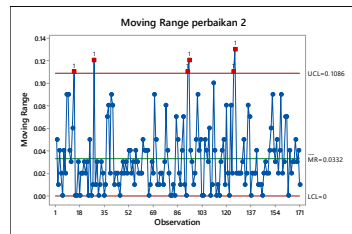
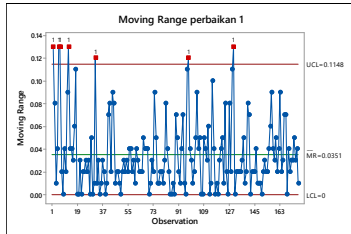
```
%Program Diagram Kendali  $T^2$  Hotelling Individu
clear all;
clc
%Input Data
xdata=xlsread('E:/data.xlsx');
%Menghitung Peta Kendali  $T^2$  Hotelling
alpha=0.0027
[m,p]=size(xdata);

%Menghitung successive difference V
n=m-1
for i=1:1:n
for j=1:1:p
k=i+1
v(i,j)=xdata(k,j)-xdata(i,j);
end
end
%Menghitung Matriks Kovarians
vt=v'
s=(1/(2*(m-1)))*vt*v
%Menghitung Statistik T Hotelling
inv_s=inv(s)
rata=mean(xdata)
for j=1:1:p
for i=1:1:m
thot1(i,j)=xdata(i,j)-rata(1,j)
end
end
thot2=thot1';
for i=1:1:m
T(i,1)=thot1(i,:)*inv_s*thot2(:,i);
end
```

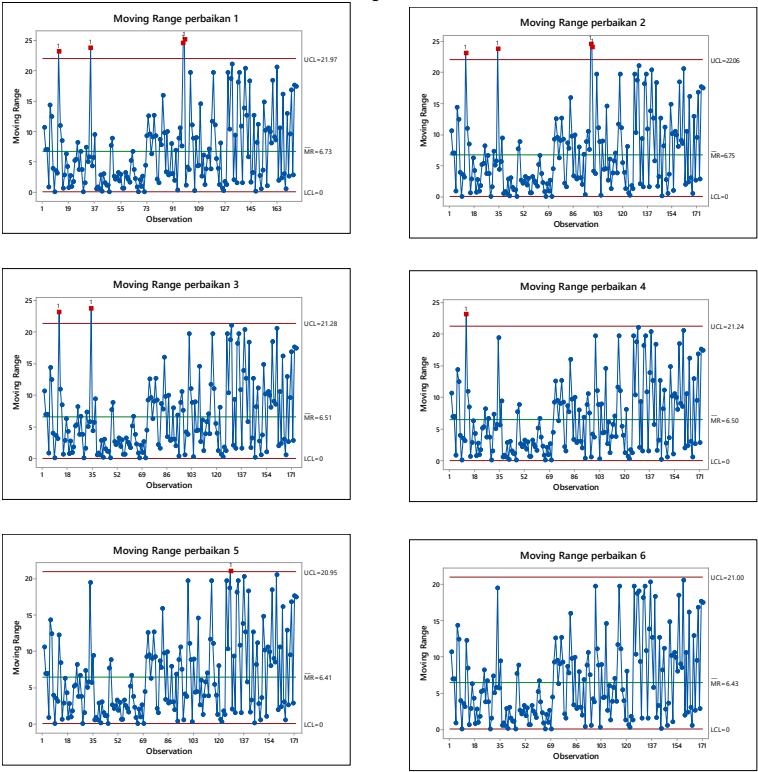
Lampiran 6.1. Lanjutan *Syntax* Perhitungan statistik diagram kendali T^2 Hotelling dengan *Matlab*

```
%Menghitung Batas Kendali
a=p/2;
b=(m-p-1)/2;
ucl=((m-1)^2/m)*betainv((1-alpha),a,b);
lcl=0;
%Membuat Diagram Kendali
for i=1:1:m
bka(i,1)=ucl
end
for i=1:1:m
bkb(i,1)=lcl
end
x=1:m y=T
plot(x,y,'b*-',x,bka,'k-',x,bkb,'k-');
xlabel('Pengamatan ke-');
ylabel('T Hotelling');
text(k,ucl,'BKA=11.6489');
text(k,lcl,'BKB=0')
%Jumlah Pengamatan yang Keluar Batas Kendali
for i=1:1:m
if(T(i,1)>ucl)|(T(i,1)<lcl);
o(i,1)=1;else o(i,1)=0;
end;
end;
out=sum(o)
%Jumlah Pengamatan yang Keluar Batas Kendali
for i=1:1:m
if (T(i,1)>ucl)|(T(i,1)<lcl);
obs(i,1)=i;else obs(i,1)=0
end;
end;
obs_out=obs;
```

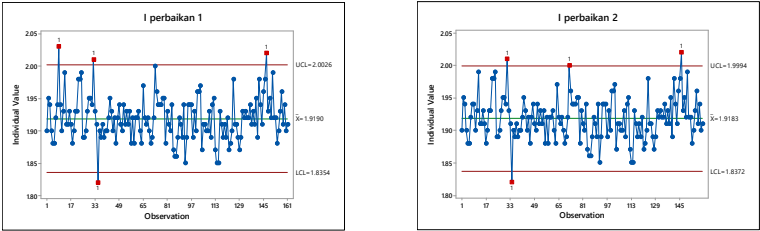
Lampiran 7. Perbaikan Diagram Kendali *Moving Range* Variabel Berat Rokok

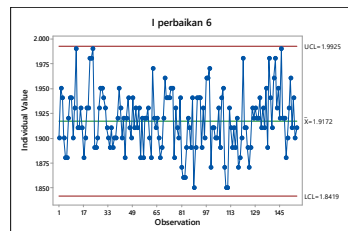
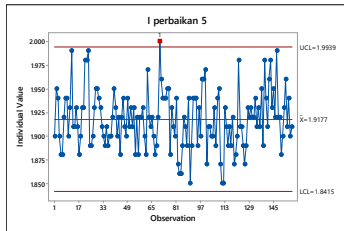
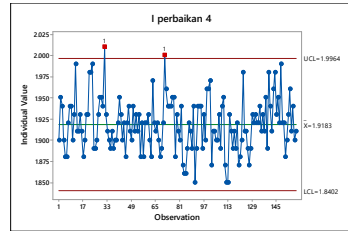
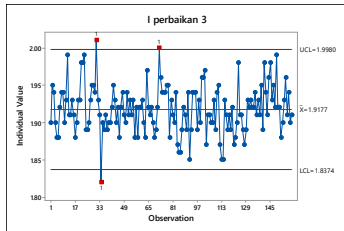


Lampiran 8. Perbaikan Diagram Kendali *Moving Range* Variabel *Pressure Drop*

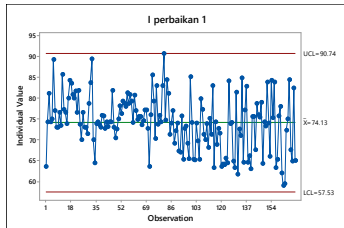


Lampiran 9. Perbaikan diagram kendali Individual variabel berat rokok

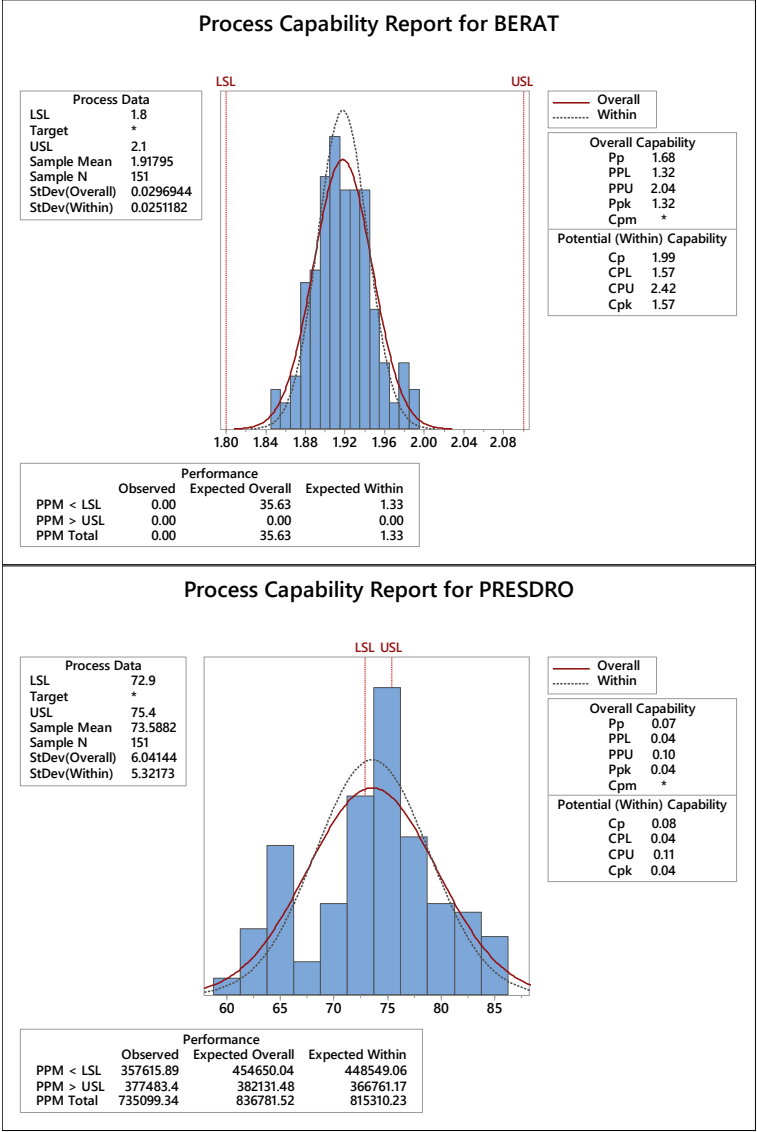




Lampiran 10. Perbaikan Diagram Kendali Individual Variabel *Pressure Drop*



Lampiran 11. Output MINITAB Kapabilitas Proses Univariat



BIODATA PENULIS



Penulis memiliki nama lengkap Zuyyin Inesa Pratiwi, biasa disapa Ines, zuy atau yyin, merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Penulis dilahirkan di Tulungagung pada tanggal 25 Mei 1995. Pendidikan formal yang pernah ditempuh penulis adalah SD Negeri 1 Kepatihan, SMP Negeri 1 Tulungagung, SMA Negeri 1 Kedungwaru, DIII Statistika ITS pada tahun 2016 diterima menjadi mahasiswa Jurusan Statistika ITS Program Studi Lintas Jalur. Selama menjadi Mahasiswa, penulis aktif dalam beberapa kegiatan kemahasiswaan di ITS, diantaranya menjadi anggota UKM Basket ITS pada tahun 2013, Staff Komunikasi Info UKM Basket ITS 2014/2015, Staff Departemen PSDM HIMADATA-ITS 2014/2015, dan Ketua Biro Kaderisasi Departemen PSDM HIMADATA-ITS 2015/2016. Selain itu selama menjadi mahasiswa penulis juga berkesempatan magang di PT. *Steel Pipe Industry of Indonesia* (SPINDO) UNIT IV Pasuruan di bagian Quality Control (QC) dan di PT. *Campina Ice Cream Industry* Surabaya. Penulis memiliki hobi bermain basket dan futsal sehingga memiliki kesempatan bertanding pada turnamen di dalam maupun di luar ITS. Informasi dan komunikasi lebih lanjut dengan penulis dapat menghubungi :

Email : inesazuyyin@gmail.com

IDLine : zuyyinesa11

Phone : 085731701202